

PAT-NO: JP02000317779A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000317779 A
TITLE: SIMULATION SYSTEM FOR DISCRETE PHENOMENA
PUBN-DATE: November 21, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
YAMAMOTO, IKUO	N/A
SASAKI, YUICHI	N/A
MIURA, MASAMI	N/A
IIDA, AKIO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MITSUBISHI HEAVY IND LTD	N/A

APPL-NO: JP11128505
APPL-DATE: May 10, 1999

INT-CL (IPC): B23Q041/08, G06F017/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To harmonize simulation systems on a macro-level and a micro-level by making rescheduling based on the information of the simulation result by the micro-simulator with a scheduler.

SOLUTION: A macro-simulator section 1 implements macro-simulation for scheduling by a scheduler section 3. A micro-simulator section 2 implements simulation for a series of tasks 1-4 corresponding to discrete phenomena. The data information of daily work results during a simulation period is sent to the macro-simulator section 1 from the micro-simulation section 2 in response to the instruction from the macro-simulator section 1 via a communication means

4. The data information of the daily work results from the micro-simulation section 2 is reflected on rescheduling by the scheduler section 3 in the macro-simulator section 1. Simulation systems on a macro-level and a micro-level are thereby harmonized.

COPYRIGHT: (C) 2000, JPO

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-317779

(P2000-317779A)

(43) 公開日 平成12年11月21日 (2000. 11. 21)

(51) Int. Cl.

識別記号

F I

ページ・コード (参考)

B 2 3 Q 41/08

B 2 3 Q 41/08

A 3 C 0 4 2

G 0 6 F 17/00

G 0 6 F 15/20

D 5 B 0 4 9

9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願平11-128505

(22) 出願日

平成11年5月10日 (1999. 5. 10)

(71) 出願人

000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者

山本 郁夫

長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三

菱重工業株式会社長崎研究所内

(72) 発明者

佐々木 裕一

長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三

菱重工業株式会社長崎研究所内

(74) 代理人

100094514

弁理士 林 恒徳 (外1名)

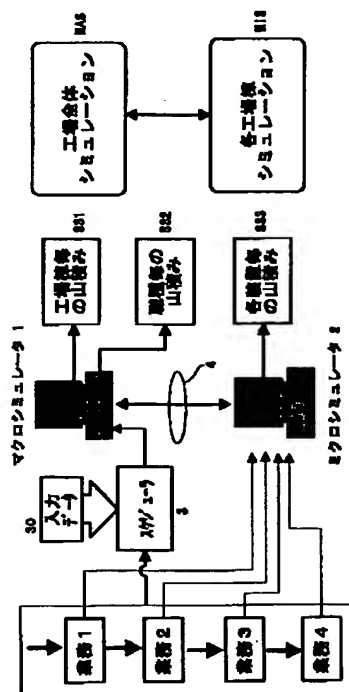
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 離散事象のシミュレーションシステム

(57) 【要約】

【課題】 マクロレベルのシミュレーションシステムとミクロレベルでのシミュレーションシステムを融合する離散事象のシミュレーションシステムを提供する。

【解決手段】 複数の離散事象に対するそれぞれのシミュレーションを実行するマイクロシミュレータと、複数の離散事象に対する全体スケジューリングを行なうスケジューラと、前記全体スケジューリングに対するシミュレーションを行なうマクロシミュレータを有する。前記マイクロシミュレータによるシミュレーション結果の情報を、マイクロシミュレータから前記スケジューラに送り、スケジューラで前記シミュレーション結果の情報に基づき再スケジューリングを行なう。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の離散事象に対するそれぞれのシミュレーションを実行するマイクロシミュレータと、

該複数の離散事象に対する全体スケジューリングを行なうスケジューラと、

該全体スケジューリングに対するシミュレーションを行なうマクロシミュレータを有し、

該マイクロシミュレータによるシミュレーション結果の情報を、該マイクロシミュレータから該スケジューラに送り、該スケジューラで該シミュレーション結果の情報に基づき再スケジューリングを行なうことを特徴とする離散事象のシミュレーションシステム。

【請求項2】請求項1において、

前記マイクロシミュレータは、該マイクロシミュレータによるシミュレーションの実行を前記マクロシミュレータから該マイクロシミュレータに送られる同期情報を基準に開始するように構成されることを特徴とする離散事象のシミュレーションシステム。

【請求項3】請求項2において、

前記複数の離散事象は、経時的要素を有し、前記マクロシミュレータから前記マイクロシミュレータに送られる同期情報は、作業スケジュールにおける作業開始日付であることを特徴とする離散事象のシミュレーションシステム。

【請求項4】請求項2において、

前記複数の離散事象に対するスケジューリングは、生産工程の日程であって、更に前記マクロシミュレータからマイクロシミュレータに送られる同期情報は、該生産工程における生産対象の生産開始日付であることを特徴とする離散事象のシミュレーションシステム。

【請求項5】請求項1において、

前記マクロシミュレータは、生産工場全体の工程をシミュレーションし、前記マイクロシミュレータは、該生産工場の複数の工場棟毎の作業工程をシミュレーションすることを特徴とする離散事象のシミュレーションシステム。

【請求項6】請求項5において、

前記マクロシミュレータは、前記複数の工場棟毎の負荷量を規制して、負荷変動を山均し調整することを特徴とする離散事象のシミュレーションシステム。

【請求項7】請求項1において、

前記マクロシミュレータと、スケジューラの機能を第1のコンピュータで実行し、前記マイクロシミュレータの機能を第2のコンピュータで実行し、且つ該第1及び該2のコンピュータ間をイーサネットにて接続して構成されることを特徴とする離散事象のシミュレーションシステム。

【請求項8】請求項7において、

前記第2のコンピュータは、前記複数の工場棟の夫々に対応して配置されることを特徴とする離散事象のシミュ

レーションシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、離散事象のシミュレーションシステムに関する。特に、物流／生産システム等の離散事象系として把握されるシステムに対する模擬（シミュレーション）を可能とする離散事象のシミュレーションシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】システムシミュレーションを行なうシミュレーションシステムが知られている。シミュレーションシステムは、自動車、電気機器等の量産メーカでは、生産計画に活用されつつあり、設備投資の事前検証などに役立っている。

【0003】具体的には、従来技術に係るこの種のシミュレーションシステムは、工場などの日程計画を検討する際に用いられており、スケジューラとシミュレータとから構成されている。

【0004】ここで、スケジューラとは、日程を計画するスケジューリングシステムであり、所定の作業の開始から当該作業の終了に至る迄の時系列的な一連の工程計画を基に日程計画を行うためのものである。

【0005】また、シミュレータとは、工場の設備能力等の当該シミュレータでのデータ処理の基礎となるデータをデータベースとして有しており、スケジューラで計画した日程を時間軸を考慮しながら模擬（シミュレーション）することができるようにしたものである。

【0006】従来技術に係るこの種のシミュレーションシステムは、スケジューラで計画した日程を忠実にシミュレーションを行うことで、計画した日程の妥当性を検証する目的で用いられている。このためシミュレーション中に日程計画の不具合があっても日程計画を変更することができない。

【0007】換言すれば、従来技術に係るこの種のシミュレーションシステムは、規格化された大量生産品製造工場の日程計画の妥当性の検証に用いることを予定して作られている。すなわち、製造工法、物量等が規格化されていることを前提として設備の配置や能力を変更することによってどのような影響があるかを検証することを目的として構築されている。

【0008】したがって、スケジューラで計画した日程をシミュレータで模擬（シミュレート）した結果、該日程による作業が不可能であることが判明した場合には、これが判明した時点で、スケジューラに付与する条件を変更してこのスケジューラによるスケジューリングをやり直し、そのスケジューリング結果を再度、シミュレータでシミュレートするという作業を行わなければならない。

【0009】しかも、再シミュレート結果が該当日程による作業が不可能であるというものである場合には、前

記と同様にスケジューリングの変更及びその結果のシミュレートを更に継続して行う必要がある。

【0010】かかる場合は、例えば、造船の様な大型一品生産の組立産業への適用を考えた場合、次の様な理由により不適切なシステムとなってしまう。

①造船作業においては部品数が多く、個々の詳細な日程計画がなされていないことと相俟って、シミュレーションを行ないながら定量化した手法により部品の日程を妥当な量適化した日程へと変更することが不可能である。

【0011】ここで、「定量化した手法」とは、例えば実作業で言う残業や人員の増強等に相当し、それを定量化したものの意である。

②シミュレーション中に、状況に応じて定量化した手法により設備の能力をある範囲を持たせて変更することが不可能である。

【0012】すなわち、従来技術に係るシミュレーションシステムを造船の様な大型一品生産の組立産業に適用する場合には、日程計画の融通性がないため日程の不具合が発生する度に計算を中断若しくは停止してその都度日程計画を変更する必要がある。このため、従来技術に係るシミュレーションシステムは、前述の如き日程計画の融通性のなさが円滑なシステムの運用の阻害要因となるという本質的な欠点を有している。

【0013】したがって、本願発明者等は、先の出願（特願平10-202,552号）において上記従来技術に鑑み、造船等、大型一品生産の組立産業における工程管理に適用して工程管理を円滑に行うことを可能とし、経時的要素を含む事象の時系列的な管理を円滑に行うことができるシミュレーションシステムを提案している。

【0014】かかる先願発明の基本的特徴は、工場における生産作業等、経時的な要素を有する事象の開始からその終了に至る迄の時系列的な一連の計画をたてるスケジューラと、工場の設備能力等、スケジューラが計画したスケジュールを模擬するために必要な基礎となるデータをデータベースとして有し、スケジューラで計画した作業日程等の事象を時間軸を考慮しながらシミュレート計算を行って模擬するシミュレータとを有するシミュレーションシステムを対象とする。

【0015】さらに、シミュレータは、例えば作業能率を増大させることができる場合にこれを定量化したもの等、スケジューラで計画した事象の内容を変更し得るような条件であるリ・スケジューリング条件をデータベースに有している。そして、シミュレーション計算の途中で、スケジューラが計画するスケジュールの実現が不可能であることが判明した場合にはリ・スケジューリング条件を用いて当該スケジュールを変更し、その後再度シミュレーション計算を行うように構成している。

【0016】このように、スケジューラが計画したスケジュールが遂行不可能な場合には、自動的にリ・スケジ

ューリングを行なって、スケジューリング作業の短縮化及び適正化を達成することができる。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】ここで、造船のように大型組み立て産業用のシミュレーションシステムを考えた時、工場規模の大きさと取り扱う部品点数の多さから上記先の特許出願におけるリ・スケジューリング条件を用いてスケジュールを変更する技術のみでは未だ充分ではない。

【0018】すなわち、先の特許出願では、造船等における生産／物流システムにおいて、システム全体のスケジューリングを行ない、これに対するシミュレーションを行なう上位レベル即ち、マクロレベルのシミュレーションシステムを有する。

【0019】一方、造船等の例では、複数の工場等において離散的に多数部位に対する製造が行なわれ、各工場棟毎にシミュレーションを行っている。この工場等毎のシミュレーションは、上記マクロレベルに対し、ミクロレベルのシミュレーションシステムである。

【0020】したがって、このようなマクロレベルでのシステムシミュレーションと、ミクロレベルのシミュレーションが必要となる産業では、ミクロレベルのシミュレーション結果がマクロレベルのスケジューリングに反映されるべく、それぞれのシステム間の同期と融合が重要である。

【0021】本発明の目的は、かかる観点からマクロレベルのシミュレーションシステムとミクロレベルでのシミュレーションシステムを融合する離散事象のシミュレーションシステムを提供することにある。

【0022】さらに、本発明の目的は複数のミクロモデルに基づく1つのマクロモデルを構築し、工場全体あるいはシステム全体のシミュレーションから工場棟内あるいは部分的設備シミュレーションまでを一貫して実施できる離散事象のシミュレーションシステムを提供することにある。

【0023】

【課題を解決するための手段】上記の本発明の課題を達成する離散事象のシミュレーションシステムは、複数の離散事象に対するそれぞれのシミュレーションを実行するミクロシミュレータと、この複数の離散事象に対する全体スケジューリングを行なうスケジューラと、全体スケジューリングに対するシミュレーションを行なうマクロシミュレータを有する。

【0024】そして、前記ミクロシミュレータによるシミュレーション結果の情報を、ミクロシミュレータから前記スケジューラに送り、スケジューラで前記シミュレーション結果の情報に基づき再スケジューリングを行なうことを特徴とする。

【0025】一の形態として好ましくは、前記ミクロシミュレータは、ミクロシミュレータによるシミュレーシ

10

20

30

40

50

ョンの実行を前記マクロシミュレータから前記ミクロシミュレータに送られる同期情報を基準に開始するように構成されることを特徴とする。

【0026】また、一の形態として好ましくは前記複数の離散事象は、経時的要素を有し、前記マクロシミュレータから前記ミクロシミュレータに送られる同期情報は、作業スケジュールにおける作業開始日付であることを特徴とする。

【0027】さらに、一の形態として好ましくは前記複数の離散事象に対するスケジューリングは、生産工程の日程であって、更に前記マクロシミュレータからミクロシミュレータに送られる同期情報は、該生産工程における生産対象の生産開始日付であることを特徴とする。

【0028】さらにまた一の形態として好ましくは、前記マクロシミュレータは、生産工場全体の工程をシミュレーションし、前記ミクロシミュレータは、前記生産工場の複数の工場棟毎の作業工程をシミュレーションすることを特徴とする。

【0029】また、一の形態として好ましくは、前記マクロシミュレータは、前記複数の工場棟毎の負荷量を規制して、負荷変動を山均し調整することを特徴とする。

【0030】さらに、一の形態として好ましくは、前記マクロシミュレータと、スケジューラの機能を第1のコンピュータで実行し、前記ミクロシミュレータの機能を第2のコンピュータで実行し、且つ第1及び2のコンピュータ間をイーサネットで接続して構成されることを特徴とする。

【0031】さらにまた、一の形態として好ましくは、前記第2のコンピュータは、前記複数の工場棟の夫々に対応して配置されることを特徴とする。

【0032】本発明の更なる特徴は、以下の図面を参照して説明される発明の実施の形態から明らかになる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下図面に従い本発明の実施の形態を説明する。なお、図において、同一又は、類似のものには同一の参照数字又は、参照記号を付して説明する。

【0034】図1は、本発明の実施の形態を説明する概念構成図である。本発明に従う離散事象のシミュレーションシステムは、マクロシミュレータ部1、ミクロシミュレータ部2及びスケジューラ部3を有して構成される。

【0035】スケジューラ部3は、図示のように独立して構成されることも、あるいはマクロシミュレータ部1に含まれるように構成されることも可能である。スケジューラ部3は、スケジュール管理者により入力される入力データ30に基づき、生産／物流システム全体に対するマクロスケジューリングを行ない、実施例として離散事象に対応する一連の業務1〜4（例えば、生産工程の各工程）のスケジューリングを行なう。

【0036】マクロシミュレータ部1は、スケジューラ部3によるスケジューリングに対するマクロシミュレーションを実行する。例えば、工場全体のシミュレーション（MAS）により工場内にある全工場棟における作業負荷をスケジュール期間に渡って山積みし（SS1）、また、職種毎の作業負荷をスケジュール期間に渡って山積みする（SS2）。

【0037】一方、ミクロシミュレータ部2は離散事象に対応する一連の業務1〜4に対するシミュレーションを実行する。例えば、各工場棟におけるシミュレーション（MIS）として、装置毎の作業負荷をスケジュール期間に渡って山積みする（SS3）。

【0038】ここで、本発明の特徴は、上記マクロシミュレータ部1とミクロシミュレータ部2によるそれぞれのシミュレーションを、通信手段4によりデータ交換し、融合した点にある。

【0039】すなわち、通信手段4によりマクロシミュレータ部1からの指示に対応して、ミクロシミュレータ部2からシミュレーション期間の日々の作業結果のデータ情報がマクロシミュレータ部1に送られる。

【0040】このミクロシミュレータ部2からの日々の作業結果のデータ情報によりマクロシミュレータ部1において、スケジューラ部3による再スケジューリングに反映される。これにより、マクロレベルでのシミュレーションシステムとミクロレベルでのシミュレーションシステムを融合する離散事象のシミュレーションシステムが提供される。

【0041】図2は、かかる本発明のマクロシミュレータ部1とミクロシミュレータ部2の融合を更に説明する図である。

【0042】マクロシミュレータ部1とミクロシミュレータ部2のそれぞれの機能は、専用装置又は、コンピュータにより実現可能である。マクロシミュレータ部1は、それぞれ制御部10、パラメータ設定部11及び、出力部12として機能する機能部を有する。

【0043】コンピュータにより構成する場合は、それぞれの機能部は、ソフトウェアの実行により実現可能である。制御部10は、図示しないメモリに格納保持される制御プログラムにより実施例として、工場全体モデルに対するスケジューリング及び、シミュレーションを実行制御する。

【0044】この制御プログラムを制御部10において実行制御することにより、工場全体モデルのシミュレーションが実現される。

【0045】パラメータ設定部11は、図2において図示されないデータベースからパラメータ設定データを読み取り、制御部10に送る。制御部10では、送られたパラメータを参照してスケジューリングを行なう。そして、スケジューリングに対してシミュレーションを実行し、その結果が出力部12に出力される。

【0046】同様に、マイクロシミュレータ部2において、制御部20、パラメータ設定部21及び出力部22となる機能部を有する。制御部20において、実施例として各工場棟モデルのマイクロシミュレーションを実行する制御プログラムをメモリに格納して保持する。

【0047】この制御プログラムを制御部20において実行することにより、工場棟モデルのシミュレーションが実現される。パラメータ設定部21は、図示しないデータベースからパラメータ設定データを読み取り制御部20に送る。制御部20では、送られたパラメータを参照してマイクロシミュレーションを行なう。このシミュレーションの結果は、出力部22に出力される。

【0048】マイクロシミュレータ部2において、更に制御部24を有する。制御部24は、マイクロシミュレーションの過程での日々のデータ情報を更新し、且つ制御部20及び、マクロシミュレータ部1に日々の更新データ情報を送信する機能を有する。

【0049】本発明の実施例として、マクロシミュレータ部1及びマイクロシミュレータ部2間のデータ情報及び制御信号の伝送を行なう通信回線としてイーサネット(Ethernet)4により接続する。

【0050】このために、マクロシミュレータ部1及びマイクロシミュレータ部2には、TCP/IPネットワーク内のトランスポート層上でプロセス間通信によるデータの送受信を行なうアプリケーション作成用インタフェースとなるTCP/IPソケット13、23をそれぞれ有する。

【0051】ここで、本発明の理解のために、具体例動作を造船工場における製造工程管理のシミュレーションを行う実施例により説明する。

【0052】図3は、本発明に従うシミュレーションシステムの実施例構成を説明する図であり、特に上記マクロシミュレータ部1とマイクロシミュレータ部2との通信回線としてイーサネット4を通してデータ情報交換を説明する図である。

【0053】図3において、実施例として、マクロシミュレータ部1とマイクロシミュレータ部2のそれぞれはコンピュータで構成される。

【0054】図4は、図3の実施例の動作フロー図である。したがって、図4を参照しながら図3の動作を説明する。

【0055】処理がスタートする(ステップS1)と、マクロシミュレータ部1は図示しないデータベースから項目データを読み出し入力する(ステップS2)。入力データ項目として、全体工程スケジュール、工場主要能力、工場間運搬物量、部材オーダ番号、部材アイテム番号、部材幅、部材長さ、溶接長、工期、作業開始年月日、作業終了予定月日が入力される。

【0056】これに基づいて、マクロシミュレータ部1においてマクロスケジューリングを行なう(ステップS

3)。このマクロスケジューリングに対して、シミュレーションを開始し(ステップS4)、マクロシミュレータ部1において、マクロシミュレーションを実行する(ステップS5)。

【0057】この時、マクロシミュレータ部1からマイクロシミュレータ部2に対し、同期用の日付と作業開始部材アイテム番号がイーサネット4を通して通知される(ステップS6)。

【0058】したがって、マイクロシミュレータ部2では、通知された同期用の日付において、作業開始部材アイテム番号に対応する作業について、マイクロシミュレーションを実行する(ステップS7)。この際、先のステップS2において、マイクロシミュレータ部2には入力項目として部材オーダ番号、部材アイテム番号、部材幅、部材長さ、溶接長、工期、作業開始年月日、作業終了予定月日が入力されている。

【0059】この入力項目データに基づき、マイクロシミュレータ部2において工場棟毎の対応するマイクロシミュレーションが実行される。このシミュレーション結果として工場等における作業部材数、作業使用面積、作業量、必要作業員数及びコストが出力される(ステップS8)。

【0060】さらに、上記マクロシミュレータ部から通知された作業開始部材アイテム番号に対するシミュレーション結果として日々の作業量及び、作業終了部材アイテム番号がマクロシミュレータ部1に通知される(ステップS9)。

【0061】マクロシミュレータ部1では、マイクロシミュレータ部2からの日々の作業量と対応する作業終了部材アイテム番号に基づき、リスケジューリング(再スケジューリング)を行なう(ステップS10)。

【0062】すなわち、マイクロシミュレータ部2での作業量により、先のスケジューリングの要件が変わることになるので、必要に応じてリスケジューリングを行なう。これによりマクロシミュレータ部1では、マイクロシミュレータ部2における各工場棟の作業工程の全体調整が可能になる。

【0063】図4において、マクロシミュレータ部1では、リスケジューリングの後、作業量の山均し調整を行なう(ステップS11)。この山均し調整は、後に具体例で更に説明するが、作業工程期間中に作業量に不均一が生じる場合、最大作業量に規制を設け、作業量の均一化を行なうものである。

【0064】全部材作業アイテム番号について終了するまで上記処理がすると繰り返される(ステップS12)。そして、全部材作業アイテム番号について処理が終了すると、マクロシミュレーション結果が出力される(ステップS13)。ここでのマクロシミュレータ部1からの出力項目は、実施例として各工場負荷、各工場工程スケジュールである。

【0065】図5は、図3、図4の動作過程における制御信号とデータの流れを説明する図である。図5の例では、マイクロシミュレータ部2は複数の各棟に対応するシミュレータ#1～#nを構成する。

【0066】マクロシミュレータ部1からマイクロシミュレータ部2に対し、同期用日付と作業開始アイテム番号が制御信号として通信回線としてのイーサネット4を通して送られる（ステップS6）。

【0067】これに対してマイクロシミュレータ部2では、図2に示す制御部24により、制御信号を受信し、送られた同期用日付及び作業開始部材アイテム番号に対応する棟シミュレータによるスケジュールに対するマイクロシミュレーションを実行制御する。

【0068】この様に、マクロシミュレータ部1からの同期用日付に基づきマイクロシミュレータ部2において、作業開始部材アイテム番号に対応するマイクロシミュレーションの実行が行なわれるので、マクロシミュレータ部1とマイクロシミュレータ部2のシミュレーション実行の同期制御が可能である。

【0069】マイクロシミュレータ部2でのシミュレーションが終了すると、当該作業日の作業量及び、作業終了部材アイテム番号のデータ情報がマクロシミュレータ1に返送される（ステップS9）。

【0070】さらに、マクロシミュレータ部1では、マイクロシミュレータ部2から送られる日々作業量及び、作業終了部材アイテム番号に基づき、マクロシミュレータ部1に対する入力項目（図3参照）を修正し、マクロシミュレーションにおける再スケジューリングを行なう（ステップS10）。これにより全工程自動調整を行なわれる。

【0071】図5では、シミュレーション期間中のN日目と、N+1日目の工程を示し、同様にマクロシミュレータ部1とマイクロシミュレータ部2との間の制御信号とデータの流れが、シミュレーション期間中繰り返される。

【0072】次に本発明の実施例として、マクロシミュレータ部1とマイクロシミュレータ部2の夫々の詳細機能構成を説明する。

【0073】図6は、1つのマクロシミュレータ部1とマイクロシミュレータ部2の関係を示し、マクロシミュレータ部1とマイクロシミュレータ部2として複数（図6の例では5個）のシミュレータ210、211、212、213、214で構成されるマイクロシミュレータ部2が示される。

【0074】ここで、マイクロシミュレータ部2のシミュレータ210～214は、造船工程における例えばマーキング工程、切断工程、小組工程、中組工程及び大組工程にそれぞれ対応して工程管理を行うシミュレータである。

【0075】マクロシミュレータ部1は、これらの各工

程を統括する造船工程の全体の工程管理を行う上位スケジューリングシステムである。

【0076】また、マクロシミュレータ1とマイクロシミュレータ部2のシミュレータ210～214の各々は、例えばイーサネット（Ethernet）である通信回線4で接続しており、先に説明したようにデータ情報の授受を行うように構成される。

【0077】マクロシミュレータ1は、スケジューラ100とシミュレータ101を有する。スケジューラ100で、全体工程のスケジューリングを行なう。このスケジューラ100とシミュレータ101は、個別の機能ブロックとして構成することでも、あるいは制御プログラムの実行により図2に示した制御部10、20において実現される機能として構成することも可能である。

【0078】なお、図6において、図2におけるマイクロシミュレータ部2の制御部24に対応する機能部は図示省略されている。

【0079】スケジューラ100は、造船工程の全体の日程を計画するシステムである。所定の作業の開始から当該作業の終了に至る迄の時系列的な一連の工程計画を基に、自動又は手動による入力データ30（図1参照）に基づき日程計画を行う。

【0080】この処理の限りにおいては従来技術に係るスケジューラと機能的に変わるところはない。また、シミュレータ101は、工場の設備能力等、当該シミュレータ101でのデータ処理の基礎となるデータをデータベース5に有している。スケジューラ100で計画した日程を時間軸を考慮しながらデータベース5のデータを参照しながら模擬する。

【0081】本実施の形態に係るシミュレータ101は、例えば実作業で言う残業や人員の増強等に基づいて作業能力が増大する分を定量化したもの及び、例えば作業の終了日迄の日程的な余裕を表す量としてのプライオリティを定量化したもの（以下、リ・スケジューリング条件と称す。）をデータベース5に有している。

【0082】スケジューラ100が出力するスケジュールに基づきシミュレーション計算を行っている最中に該当日程に基づく作業の進行が工場の生産設備・能力等との関係で不可能なことが判明した場合には、前記リ・スケジューリング条件を用いて作業条件を変更する。

【0083】この変更した条件の下で再度シミュレーション計算を行うとともに、かかる条件下での作業の進行が可能であることが確認された場合には変更した条件をスケジューラ100にフィードバックする。

【0084】そして、このスケジューラ100のスケジュールを書き換えるという機能を有する。この機能を「リ・スケジューリング機能」と称す。

【0085】マイクロシミュレータ部2の各シミュレータ210～214は、対応するシミュレーションを行ない、その結果をイーサネット4を通してマクロシミュレ

10

20

30

40

50

ータ部1に送る。

【0086】データベース5にはスケジューラ100で作成するスケジュールの作成のための基礎データを格納してある。スケジューラ100ではこのデータベース5のデータを参照して所定のスケジュールを作成する。

【0087】実施例としてのシミュレーションシステムが造船作業の工程管理システムである点を考慮してデータベース5の構築は、次の内容を有する。

1) 部品の製造、組立などの作業毎にグループ(工程)を設け、それぞれモデル化されている。

2) 各部品の製造・組立に関してその部品のデータベースが5が構築される。データベース5の内容は次の様な内容である。

- a. 船番
- b. 部品(ブロック)名称
- c. 次部品(当該部品に基づき次工程で作製される部品)名称
- d. 前部品(当該部品の作製工程の直前の工程で作製される部品で、当該部品の要素となる部品)名称
- e. 作業開始日時
- f. 作業終了日時
- g. 余裕日数(プライオリティ)
- h. 作業場所(当該作業を行う工場の名称等)
- i. 作業内容(鋼板の切断・溶接等・当該工程における作業の具体的な内容)
- j. 物量(当該工程に投入し得る作業員の人数、作業時間、生産、作業機械の能力等)
- k. 進捗状況
- l. 構成ブロックの数

ここで「部品」とは、船舶の各建造工程における大小様々なブロックをいう。船舶の建造は完成品である船舶を分割した形で行なうが、この場合の各々の部品はブロックと呼ばれ、最終的には造船所ドックにあるクレーンによって搭載して組立てられる。

【0088】したがって、造船所ドックのクレーンの搭載能力によって最終的なブロックの大きさが決定される。また、ブロックは別々のブロックを組み合わせて一つのブロックとして造られて行く。つまりブロックの構成要素がより小さい複数のブロックであり、原始的には鉄板、鋼板等の素材にまで分解される。

【0089】このように、c. 次部品名称、d. 前部品名称を設けることにより当該部品がどの部品からでき、どの部品になるのかを系統付けて記述することができる。この結果、構成要素とこの構成要素を要素とする部品自体が次にどの構成要素になるのかを明確にすることができる。

【0090】図7は上記データベース5のデータに基づいて得られる部品データの構成を概念的に示す図である。同図に示すように部品データは、対象となる船の船番に対応させて各ブロック(部品)毎に、当該ブロックを

特定する一連のデータとして構成されている。

【0091】各ブロックは、図8に示すように、例えば一つの製品Aに関してその構成部品が二つの中間製品A1、A2として存在している木(ツリー)構造を形成する組立ツリーとして表現できる。

【0092】図8の中間製品A11～A13が図7のブロック名称A11～A13の部品データに対応している。図9は、図8に示す組立ツリー、図5に示す部品データ及び、この部品データに基づきスケジューラ100

10 で形成さえる日程計画表の関係を説明する図である。

【0093】同図に示すように、例えば組立ツリーの中間製品A11、A12、A13に対応して部品データ51～53が構築しており、これらの部品データ51～53に基づいて日程計画表54が形成される。

【0094】この場合の日程計画表54は、10月3日～10月13日の間で中間製品A11を、10月7日～10月15日の間で中間製品A12を、10月9日～10月19日の間で中間製品A13をそれぞれ作製する計画である。

20 【0095】これらの中間製品A11～A12を構成要素とする中間製品A1を10月16日～10月30日に作製するとともに、中間製品A11、A12は、10月16日までに、中間製品A13は10月21日迄に納入すれば良いという日程計画をその内容としている。

【0096】したがって、部品データ53を例に採った場合、この部品データ53の作業開始日時には10月9日が記述され、作業終了日時には10月19日が記述されている。また、余裕日(プライオリティ)の欄には作業終了日と納入日との差である2日が記述してある。

30 【0097】シミュレータ101がリ・スケジューリング機能を発揮すべく、次のような固有のデータベース及び情報処理機能を有する。

1) 各作業グループの工程内で一日に行える作業量(物量)を予め定めておき、更に部品毎に余裕としてプライオリティ(作業を完了すべき日迄の日数)を定めておく。

2) プライオリティは、作業を開始したときは、その日から1日毎に値が小さくなり、最終的に0になる。このように「0」になった時が当該部品の当該工程における作業の終了、若しくは当該部品が次工程へ引き渡されることを意味する。

40 3) 各作業グループの工程に部品が多数引き渡された場合、先ず部品のプライオリティを検索し、このプライオリティが高い順番に作業待ち行列に並べ替える。同じプライオリティの部品が複数個ある場合には、その部品数に応じて作業能力が(予め与えられた定量的手法によって)分担される。

4) もし、同一作業グループの工程内で複数個の部品の製造、組立があり、更にそのグループ内の一日に作業できる物量を各部品の合計の物量が越える様な時は、優先順位の高い方から許容範囲内の部品の作業を実施し、残

る部品は後の日程に回す処理を行う。このとき後日程に回す分だけプライオリティ(余裕)を高めて優先順位を上げておく。つまり、所定の作業グループである特定の工程の部品製造能力に応じて部品の優先順位を操作する事により部品の製造、組立の計画日程を妥当な日程に変更する機能をもたせる。

5) 同様に、所定の作業グループである特定の工程の作業能力についても、人員の増員、残業、交代制対応を模擬した判断及び処理機能を持たせる。これはシミュレータのモデルに対する処置で実現することができる。

【0098】次に、本実施例に係るスケジューラ100及びシミュレータ101、210～214の処理動作の一例をフローチャートに基づき説明する。

【0099】図10乃至図13は、マイクロシミュレータ部2における処理の一例を示す処理フローである。かかる処理フローは、マイクロシミュレータ部2の制御装置としてのCPUによりプログラムを実行制御することにより実現可能である。

【0100】図14は、マイクロシミュレータ部2のシミュレーションの実行により出力表示される一例である。図の例は、工場内の工場F棟内における大組立て作業、従って、図6の例ではシミュレータ214による大組立てのシミュレーション結果を表示している。

【0101】図14において、F棟には、1A、1B、2B及び2Cの作業エリアを有する。部材ロジック処理を行なう図10に戻り説明すると、スケジュールに従い、先ず各作業エリアに対し、部材が1個づつ発生する(ステップS20)。

【0102】データファイルをデータベース5から読み込む(ステップS21)。この読み込まれたデータファイルにより発生した部材のアイコンデータが得られ、図14の表示画面において、対応する作業エリアに部材アイコンが配置表示される(ステップS22)(A参照)。

【0103】さらに、該当の部材の配置に必要な面積(幅×長さ)が計算される(ステップS23)。そして、シミュレーション期間における溶接開始日まで待機される(ステップS24)。

【0104】図11は、溶接開始から溶接終了までのマイクロシミュレーション処理である。自エリアのストレージに部材が滞留すると(ステップS30)、自エリアの使用面積に部材面積を加算する(ステップS31)。次いで、自エリアの作業量に1日当りの自作業量を加算する(ステップS32)。そして、溶接終了日まで待機する(ステップS33)。

【0105】図12は、溶接終了日の処理フローである。まず24時間即ち、1日分遅延させ(ステップS40)、自エリアの使用面積から自面積を減算し、且つ自エリアの作業量から一日当りの自作業量を減算する(ステップS41)。

【0106】そして、自エリアの使用面積が無くなると

(ステップS42、YES)、部材ロジックに関するシミュレーションが終了する(ステップS43)。

【0107】このようにして、図14の画面に、F棟における所定の作業期間中のエリア毎の部材の表示(図14:A)が行なわれる。さらに、エリア毎に投入された部材の投入数が表示される(図14:C)。

【0108】また、部材の計算されたサイズによるエリア毎の使用面積が表示される(図14:D)。さらに、図14は、シミュレーション期間中であって表示される日付(図14:B)におけるおける状態を表示している。

【0109】図13は、工程監視及び作業員ロジックのシミュレーション処理フローである。スケジュールファイルを読み込み(ステップS50)、エリア毎に必要な従業員数を計算する(ステップS51)。

【0110】該当日は、人口グラフを書かない日であるかを判断する(ステップS52)。例えば、休日等で作業を休止する場合は作業人口グラフ(図14:F)を書かない。この場合は、24時間遅延し(ステップS53)、翌日の処理のためのステップS50～S51の処理に移行する。

【0111】ステップS52の判断で、NOであれば、エリア棟毎に必要な作業員数を発生、表示する(図14:E)。次いで、棟全体の作業員数の合計を計算し、表示する(ステップS55)(図14:F)。

【0112】該当日の棟全体の作業員数の合計が計算されると、24時間遅延し(ステップS53)、翌日の処理のためのステップS50～S51の処理に移行する。

【0113】一方、シフト作業に対応するシミュレーション計算を行なう。すなわち、昼夜勤交代作業を考慮して、8時間遅延(ステップS56)を行なう。8時間遅延後の状態を自エリア内に格納し(ステップS57)、更に、午前作業時間(ステップS58)、昼食時間(ステップS59)及び午後作業時間(ステップS60)分遅延する。

【0114】かかる作業時間の経過処理を行なうことにより、作業部材が消滅し(ステップS61)、作業はスケジュールどおりに進行することがシミュレーションから読み取れることになる。

【0115】次に、先に図3に関連して言及した山均しについて、更に説明する。図15、図16は、マクロシミュレータ部1において、全工程スケジュールにおける負荷偏重の山均しを説明する図である。

【0116】図15は、初期のスケジュール(図4:ステップS3)に対してマクロシミュレーションを行なった例であり、一例としてある工場棟の作業負荷をある期間に渡って示している。

【0117】番号12152、12142等は建造対象の船舶番号である。所定期間に渡って6隻の船舶を同時進行的に建造する過程における工場棟負荷変動を示して

いる。この例の場合は、負荷ピークに大きな変動が見られ工場稼働率は好ましくない。

【0118】これに対し、図16は、マイクロシミュレータ部2からのシミュレーション結果の更新データに基づきマクロシミュレータ部1で再スケジューリングを行ない、工場棟に対する負荷を山均し調整した結果を示す図である。この結果は、工場棟毎に工作部材数に制限を設け、作業量を再スケジューリングすることにより可能である。

【0119】

【発明の効果】以上図面に従い説明したように、本発明は、物流／生産システム等の離散事象系として把握されるシステムのシミュレーションシステムであって、複数の離散事象に対する全体スケジューリングを行なうスケジューラと、これに対するシミュレーションを行なうマクロシミュレータと、複数の離散事象に対するシミュレーションを行なうマイクロシミュレータを有する。

【0120】そして、前記マイクロシミュレータにおけるシミュレーション結果の情報を、前記マイクロシミュレータから前記スケジューラに送り、前記シミュレーション結果の情報に基づき再スケジューリングを行なう。

【0121】これにより、マクロレベルでのシステムシミュレーションと、ミクロレベルのシミュレーションが必要となる産業では、ミクロレベルのシミュレーション結果がマクロレベルのスケジューリングに反映されるべく、それぞれのシステム間の融合が図れる。

【0122】また、前記マイクロシミュレータのシミュレーションを前記マクロシミュレータからマイクロシミュレータに送られる同期情報を基準に開始するように構成される。これにより、マクロシミュレータとマイクロシミュレータのシミュレーション実行における同期を得ることが可能である。

【0123】さらに、前記複数の離散事象に対するそれぞれのスケジューリングは、生産工程の日程であって、更に前記マクロシミュレータからマイクロシミュレータに送られる同期情報は、同期日付であることにより、生産工程のシミュレーションにおいて、マクロシミュレータとマイクロシミュレータのシミュレーション同期を取ることが可能である。

【0124】また、前記マイクロシミュレータにおけるシミュレーション結果の情報を、マイクロシミュレーションシステムから前記マクロシミュレータに送り、前記マクロシミュレータで、前記情報に基づき再スケジューリングを行なう。これにより生産全工程に涉って、生産工程負荷を山均しすることが可能である。

【0125】尚、上記説明では、造船工場における例にして、本発明を説明した。しかし、本発明はかかる実施例に限定されない。離散事象として物流施設における荷物仕分け作業、生産加工工場における部材運送作業並びに、石油生産における輸送作業等が想定される。したが

って、本発明は、これらの離散事象に対し適用して最適コスト、効率を可能とするシミュレーションを行ないを実行することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態を説明する概念構成図である。

【図2】本発明のマクロシミュレータ部1とマイクロシミュレータ部2の融合を説明する図である。

【図3】本発明に従うシミュレーションシステムの実施例構成を説明する図である。

【図4】図3の実施例の動作フロー図である。

【図5】図3、図4の動作過程における制御信号とデータの流れを説明する図である。

【図6】1つのマクロシミュレータ部1とマイクロシミュレータ部2の関係を示す図である。

【図7】データベース5のデータに基づいて得られる部品データの構成を概念的に示す図である。

【図8】構成部品が中間製品として存在している木構造の概念図である。

【図9】図8に示す組立ツリー、図5に示す部品データ及び、この部品データに基づきスケジューラ100で形成される日程計画表の関係を説明する図である。

【図10】マイクロシミュレータ部2において部材ロジック処理を行なうフローを説明する図である。

【図11】マイクロシミュレータ部2において溶接開始日から終了日までの処理を行なうフローを説明する図である。

【図12】マイクロシミュレータ部2において溶接終了日後の処理を行なうフローを説明する図である。

【図13】マイクロシミュレータ部2において溶接工程監視及び、作業員ロジックを行なうフローを説明する図である。

【図14】マイクロシミュレータ部2のシミュレーションの実行により出力表示される一例である。

【図15】初期のスケジュール（図4：ステップS3）に対してマクロシミュレーションを行なった例を示す図である。

【図16】マクロシミュレータ部1において、全工程スケジュールにおける負荷偏重のマトリクス結果を説明する図である。

【符号の説明】

1 マクロシミュレータ部

2 マイクロシミュレータ部

3 スケジューラ部

4 通信回線（イーサネット）

5 データベース

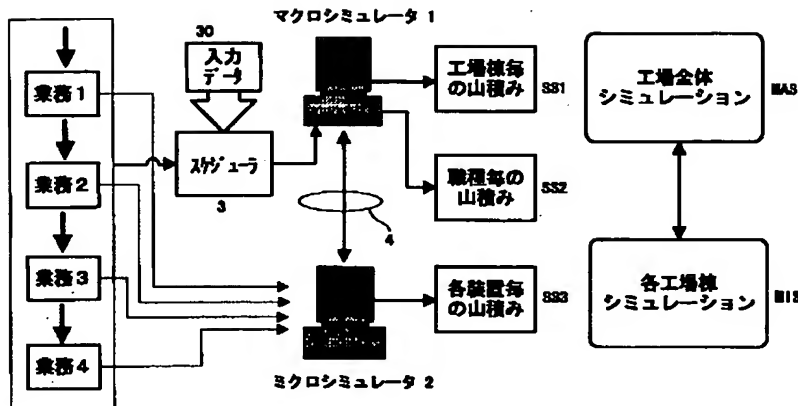
10、20 制御部

11、21 パラメータ設定部

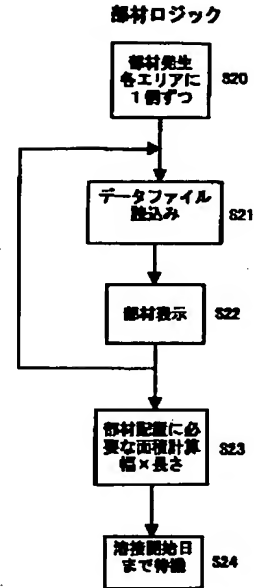
12、22 出力部

13、23 TCP/IPソケット

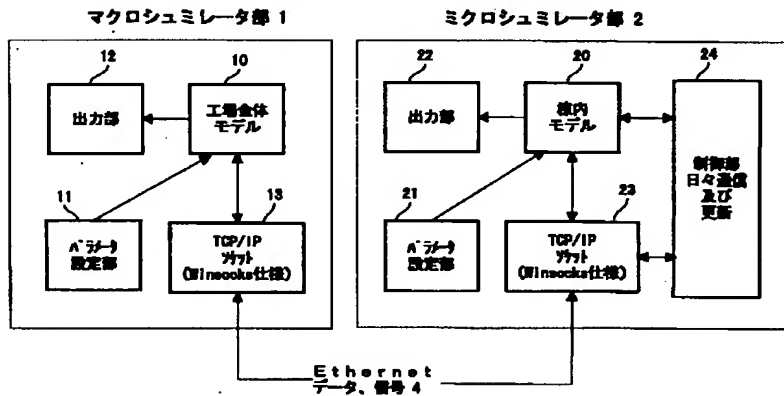
【図1】



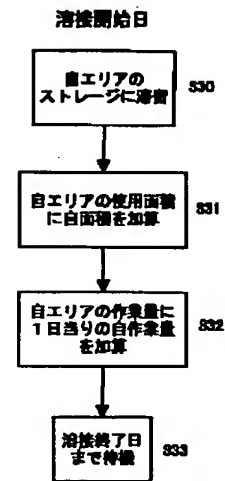
【図10】



【図2】



【図11】



【図3】

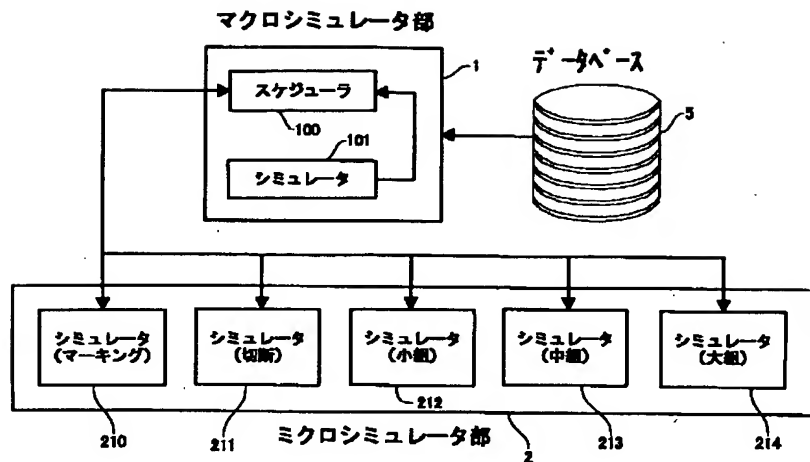


船番	ﾌﾞﾛｯｸ名称 A11	次部品 名称	前部品 名称	作業開始 日時	作業終了 日時	余裕日 (ﾌﾗｲﾀｲﾑ)	作業 場所	作業 内容	検査	進捗 状況	構成 ﾌﾞﾛｯｸ数
----	----------------	-----------	-----------	------------	------------	-----------------	----------	----------	----	----------	--------------

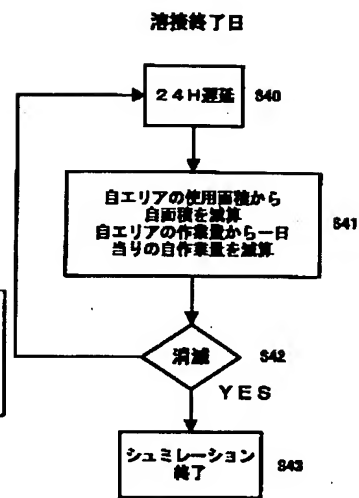
船名	丁时名称 A12	次部品 名称	前部品 名称	作業開始 日時	作業終了 日時	余裕日 (丁时余裕)	作業 場所	作業 内容	数量	進捗 状況	構成 丁时数
----	-------------	-----------	-----------	------------	------------	---------------	----------	----------	----	----------	-----------

船名	丁时名称 A13	次部品 名称	前部品 名称	作業開始 日時	作業終了 日時	余裕日 (7/24/71)	作業 場所	作業 内容	数量	進捗 状況	構成 丁时数
----	-------------	-----------	-----------	------------	------------	------------------	----------	----------	----	----------	-----------

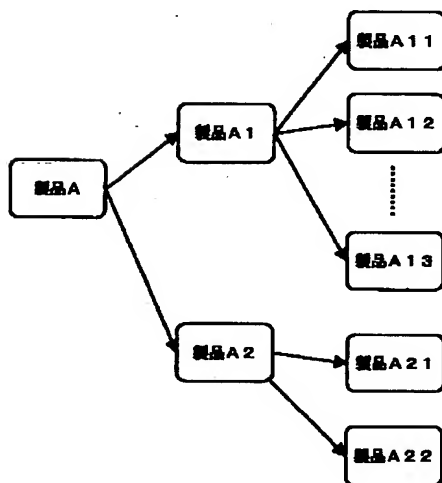
【図6】



【図12】

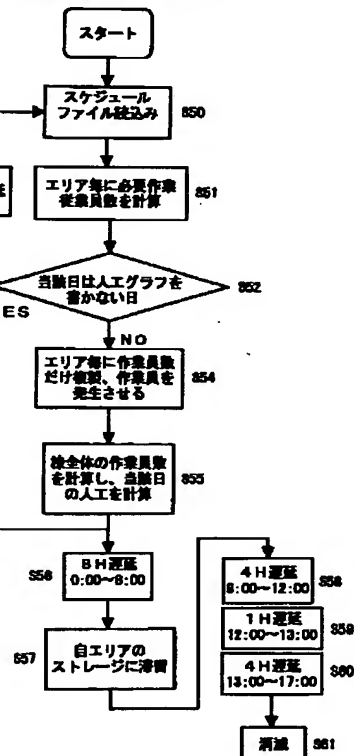


【図8】

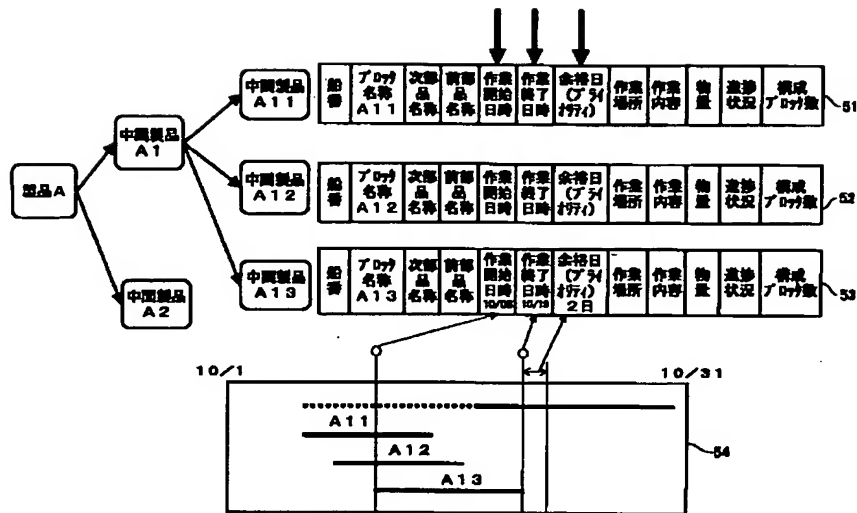


【図13】

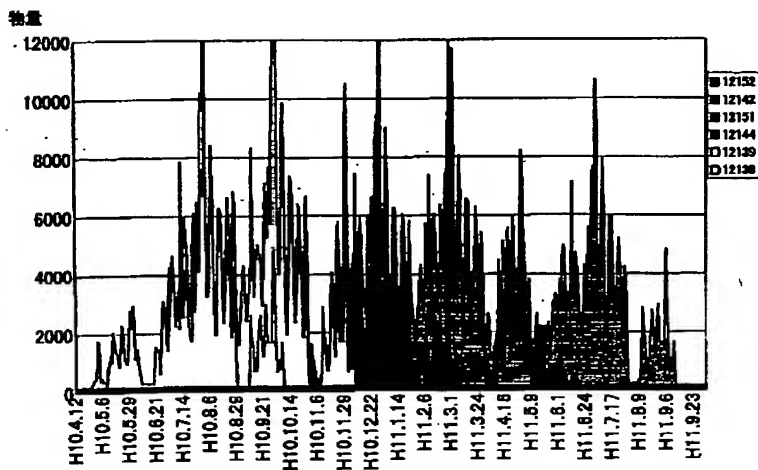
工程監視及び作業員ログック



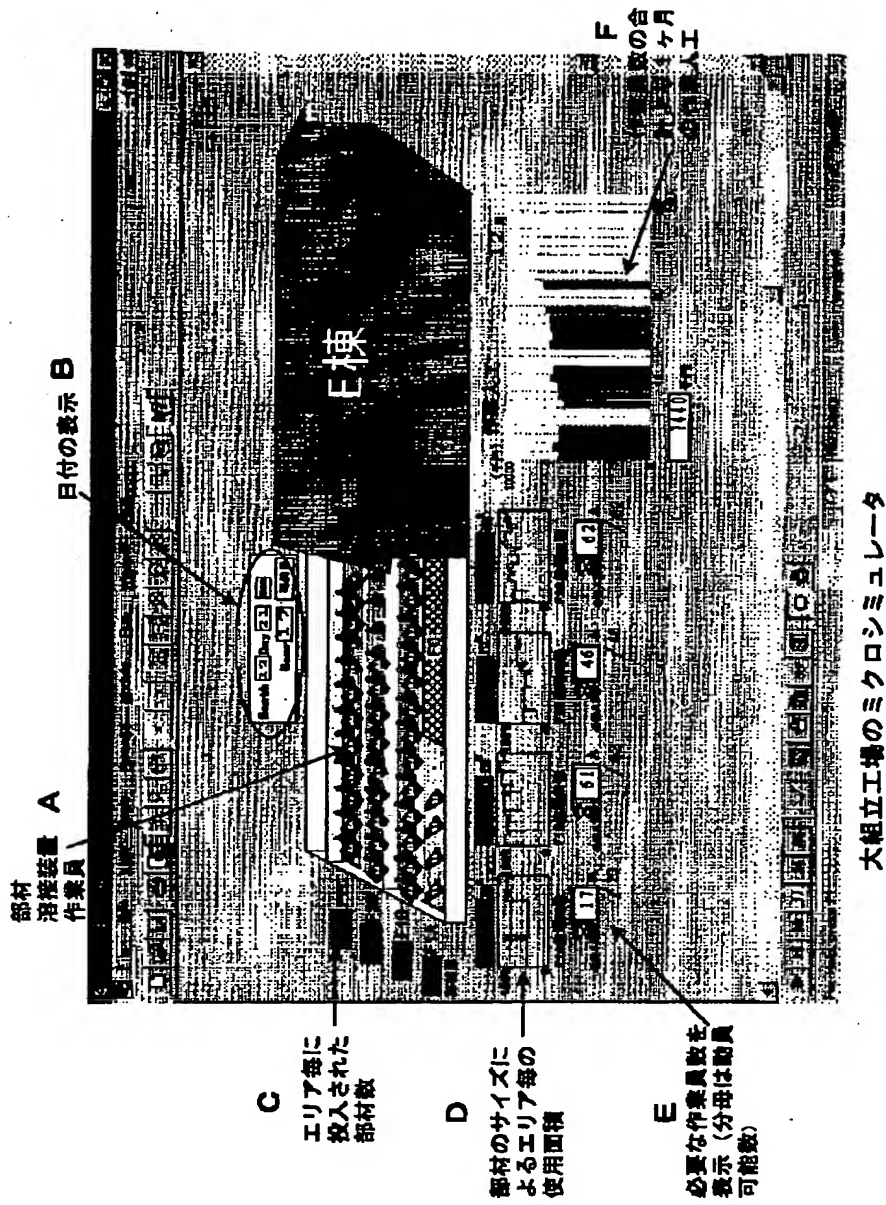
【図9】



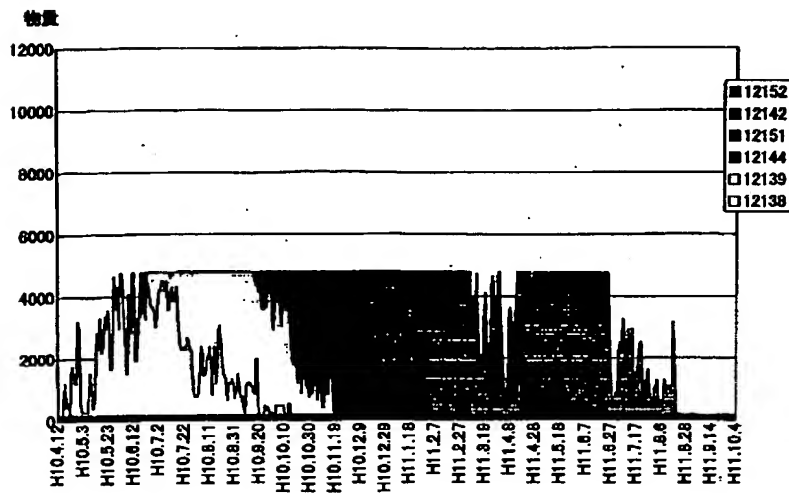
【図15】



【図14】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 三浦 正美
長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三
菱重工株式会社長崎研究所内

(72)発明者 飯田 昭男
長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工
株式会社長崎造船所内

Fターム(参考) 3C042 RH05 RJ01
5B049 AA01 AA02 BB05 BB07 CC21
EE31 EE41 EE43
9A001 HH32 JJ46 JJ51 KK54

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.